

稻型、生育期及防治措施对害虫和天敌群落的复合效应

倪敬田¹, 朱守康², 缪勇³, 江俊起^{3*}

(1. 安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036; 2. 安徽省舒城县城关镇农业综合服务中心, 舒城 231300;

3. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036)

摘要:通过对不同稻型、水稻生育期及防治措施 29 个群落的田间系统调查, 运用极点排序法和模糊聚类法进行群落分析。结果表明, 对稻田害虫和天敌群落的影响, 总体上防治措施 > 稻型 > 生育期, 不同稻型和水稻生育期害虫和天敌自身的特点, 对不同防治措施对群落作用的效果有重要影响; 早稻分蘖期和中稻分蘖期节肢动物群落具备自我调节能力, 中稻乳熟期群落稳定性极差, 需要人为防治措施, 晚稻田群落稳定性较高。试验结果对群落生态学的研究与指导生产具有重要的理论和实践意义。

关键词: 稻型; 生育期; 防治措施; 害虫和天敌群落; 相似性

中图分类号: S435.112

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2011)06-0926-05

Multi-effects of rice types, development stages and insecticide treatments on insect pest and natural enemy communities

NI Jing-tian¹, ZHU Shou-kang², MIAO Yong³, JIANG Jun-qi³

(1. School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Shucheng Centre of Chengguan Agricultural Service, Shucheng 231300;

3. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Based on systematic investigation of 29 communities under different rice types, different development stages and different pesticide treatments, polar ordination method and fuzzy clustering method were used to analyze community characteristics. The results show as follows. The overall influence order of different factors on insect pest and natural enemy communities was insecticide treatment > rice type > development period, but the characteristics of insect pest and natural enemy communities of different rice types and development periods had important effects on the results of the influence of different insecticide treatments on the communities; the arthropod communities had self-regulation in tillering stage of early rice and middle-season rice. Artificial control measures was necessary in milking stage of middle-season rice because of the poor community stability, but the general characteristics of the communities were relatively stable in late paddy fields. The results provided important theoretical and practical significance for community ecology research and guiding production.

Key words: rice types; development stages of rice; insecticide treatments; insect pest and natural enemy communities; similarity coefficient

水稻害虫和天敌作为稻田生态系的组成成分之一, 其群落的发生发展受到生态系内诸多因子的制约。研究不同稻区不同类型稻田害虫和天敌群落结构、天敌对害虫的自然控制作用以及有效保护天敌的害虫调控方法等是科学组配水稻害虫综合治理措

施、实现水稻害虫可持续控制的重要基础, 许多学者已在此方面开展了广泛的研究。增加农田生态系统的多样性可增加天敌群落种库的多样性, 进而加速天敌群落的迅速重建和发展, 对控制早期迁入害虫的发生有重要意义^[1-4]; 我国丰富的稻田蜘蛛资源

收稿日期: 2011-06-28

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD08A04-11)资助。

作者简介: 倪敬田, 男, 讲师。E-mail: nijingtian@ahau.edu.cn

* 通讯作者: 江俊起, 男, 副教授。E-mail: junqijiang@163.com

是保护利用的良好物质基础, 但不同稻区的气候条件和生态环境对其分布和优势种的形成有一定影响^[5-6]; 杨国庆等^[7]通过对有机稻田、有机养鸭田和常规化防田节肢动物群落的调查, 结果显示天敌的平均内禀增长率、害虫和天敌的链节数均为有机稻田 > 有机养鸭田 > 常规化防田, 而害虫的内禀增长率与其正好相反; 蔡万伦等^[8]通过设计不同斑块的 Bt 稻田, 发现斑块面积大小与其上节肢动物群落多样性呈正相关, Bt 水稻与非 Bt 水稻混栽, 其庇护所效应更明显。

单一化的作物不断取代自然植被, 降低了农田的物种和生境多样性, 结果导致农田生态系统的稳定和害虫问题的更加恶化; 影响农田生物多样性的因素很多, 如地理位置、气候类型、环境条件、作物品种、种间关系、人类的栽培活动等^[9]。

基于上述研究结果, 作者从水稻类型、水稻生育期及人为防治措施等方面探讨其对稻田害虫及捕食性天敌群落的复合效应, 旨在为稻田害虫的生态控制与可持续治理提供理论和实践参考。

1 材料与方法

1.1 稻作类型和水稻品种

双季早稻品种为早籼 65, 4 月 8 日育苗, 5 月 17 日移栽, 全生育期 111 d 左右; 单季中稻品种为汕优 63, 4 月 27 日育苗, 6 月 6 日移栽, 全生育期 140 d 左右; 双季晚稻品种为国丰一号, 6 月 22 日育苗, 8 月 7 日移栽, 全生育期 130 d 左右。

1.2 药剂处理

20%三唑磷 EC (triazophos, 安徽安庆益农化工有限公司) 1 125 ml·hm⁻²; 45%杀虫双 WP (shachongshuang, 安徽华星化工股份有限公司) 1 500 g·hm⁻²; 10%吡虫啉 WP (imidacloprid, 江苏苏州华源农用生物化学有限公司); Bt WP (稻螟虫净, 安徽众邦生物工程有限公司); Bt 4 500 g·hm⁻²+吡虫啉 300 g·hm⁻²; 1.8%阿维菌素 EC (abamectin, 河北威远生物化工股份有限公司) 750 ml·hm⁻²。

1.3 试验设计

田间试验在舒城县城关镇河口村进行。设 4 药剂处理和 1 空白对照, 试验采用随机区组设计, 每小区 100 m², 每处理设 3 次重复, 小区间以塑料薄膜隔开田水以防止药剂间相互影响。根据虫情预报, 早稻于 7 月 1 日施药, 中稻于 7 月 31 日和 8 月 12 日施药, 晚稻于 9 月 10 日和 9 月 30 日施药, 采用工农-16 型背负式喷雾器按 1 hm²用药量加水 750 kg

喷雾, 含 Bt 处理在 16:00 时以后进行。

1.4 数据调查与分析方法

田间系统调查自水稻分蘖期至成熟期每 4~5 d 1 次, 每小区采用五点取样法调查 20 丛, 记载各种害虫和捕食性天敌有效虫态数。

取早稻、中稻、晚稻 3 种稻型 (对照区) 分蘖期、孕穗期和乳熟期时的 9 个群落, 早稻 4 种药剂处理后孕穗期时的 4 个群落, 中稻和晚稻 4 种药剂处理 (各 2 次) 后孕穗期和乳熟期时的 16 个群落共 29 个群落。采用 Bray-Curtis(1957)的极点排序法 (polar ordination) 进行群落相似性的二维排序分析, 以公式 $C=2w/(a+b)$ 计算不同群落实体间的相似系数, 式中, w 为群落 A 与 B 共有种的两个相对值中低值的总和, a 与 b 分别为群落 A 与 B 所有值的总和; 以 $1-C$ 作为群落相异系数^[10,13]。

取不同群落的总个体数 N 、物种数 S 、物种丰富度 R 、优势集中度 C 、均匀度 J 和香农多样性 H' 作为衡量群落属性的指标, 其中, $R=S/\ln N$ 、 $C=\sum(N_i/N)^2=\sum P_i^2$ 、 $J=H'/\ln S$ 、 $H'=-\sum P_i \ln P_i$; 对原始数据进行标准化后, 计算模糊等价矩阵并进行聚类分析^[11-13]。

2 结果与分析

2.1 极点排序分析

为便于研究, 将不同的群落以不同符号表示, 详见表 1。

对上述 29 个不同群落, 在求出彼此间相似 (异) 系数的基础上, 进一步求出各群落实体在 X 轴和 Y 轴上的排序坐标, 绘于图 1。

2.1.1 稻作类型和水稻生育期对群落的影响 早稻、中稻和晚稻不同稻作类型稻田害虫和天敌群落的发生既有连续性, 也有间断性, 稻作类型和水稻生育期对不同群落相似性的影响是交织在一起的。由图 1 可见, 3 种稻型 3 个生育期空白对照的 9 个群落排列于图左上角。在没有杀虫剂干扰的情况下, 9 个群落可以分为 3 类: C₁、C₂; C₉、C₁₉、C₂₀、C₂₁; C₃、C₈、C₁₀。C₁ 和 C₂ 为早稻分蘖期和孕穗期的群落, 处于稻田害虫和天敌群落的建立和发展初期, 天敌种类和数量较丰富, 害虫发生较轻, 有一定特殊性。C₉ 和 C₁₉~C₂₁ 为中稻孕穗期和晚稻 3 个生育期的群落, 其相似特征主要表现为主要害虫发生较轻, 优势不突出, 天敌群落较稳定。C₃、C₈、C₁₀ 分别为早稻乳熟期、中稻分蘖期和乳熟期的群落, 主要相似特征为害虫优势种优势突出, 主要害

表 1 不同群落的符号
Table 1 Symbols of different communities

稻型 Rice types	处理 Treatments	水稻生育期 Development periods of rice		
		分蘖期 Tilling stage	孕穗期 Boot stage	乳熟期 Milk stage
早稻 Early rice	空白对照 Control	C ₁	C ₂	C ₃
	三唑磷 Triazophos		C ₄	
	杀虫双 Shachongshuang		C ₅	
	Bt+吡虫啉 Bt+imidacloprid		C ₆	
	阿维菌素 Abamectin		C ₇	
中稻 Middle-season rice	空白对照 Control	C ₈	C ₉	C ₁₀
	三唑磷 Triazophos		C ₁₁	C ₁₂
	杀虫双 Shachongshuang		C ₁₃	C ₁₄
	Bt+吡虫啉 Bt+imidacloprid		C ₁₅	C ₁₆
	阿维菌素 Abamectin		C ₁₇	C ₁₈
晚稻 Late rice	空白对照 Control	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁
	三唑磷 Triazophos		C ₂₂	C ₂₃
	杀虫双 Shachongshuang		C ₂₄	C ₂₅
	Bt+吡虫啉 Bt+imidacloprid		C ₂₆	C ₂₇
	阿维菌素 Abamectin		C ₂₈	C ₂₉

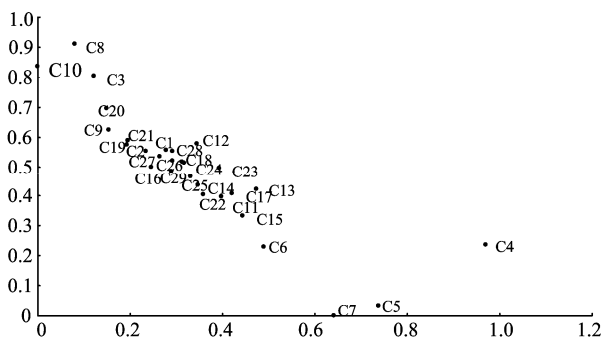


图 1 稻田害虫和天敌群落的二维排序

Figure 1 Two-dimensional ordination of insect pest and natural enemy communities in paddy fields

虫发生较重。由上述可见，稻作类型和水稻生育期对害虫和天敌群落的影响是综合的，但稻型的影响略大于水稻生育期的影响。

2.1.2 防治措施对群落的影响 除了各稻型空白对照区的 9 个群落外，其余群落均为不同药剂处理区的群落。由图 1 可见，各稻型和生育期对照区的群落均较集中地分布于图的左上角，各药剂处理区的群落均集中或分散地分布于图右下方，可见防治措施（限于本研究的 4 种药剂处理）总体上对群落相似性的影响大于稻型和水稻生育期的影响。但不同稻型和水稻生育期害虫和天敌群落自身的特点，对不同防治措施的影响效果也有明显影响。早稻孕穗期 4 种药剂处理后的群落（C₄~C₇）在排序图上彼此较分散，但相对于其它稻型的群落仍分布在同一

区域，说明不同药剂处理对群落的影响有较大的差异，Bt+吡虫啉处理（C₆）与三唑磷处理（C₄）的差异最大，杀虫双处理（C₅）和阿维菌素处理（C₇）的差异最小，但这种差异对群落相似性的影响受早稻孕穗期害虫和天敌群落自身特点的限制。

中稻和晚稻的孕穗期和乳熟期不同药剂处理的 16 个群落，在排序图的分布较为集中，其中晚稻不同生育期和药剂处理的 8 个群落（C₂₂~C₂₉）分布最为集中，这说明不同药剂处理对群落相似性的影响远小于稻型自身的影响，其原因是晚稻田主要害虫优势度小、群落总个体数较少，导致群落变化幅度较小所致。中稻不同生育期和药剂处理的 8 个群落（C₁₁~C₁₈）在排序图上的分布也较集中，但孕穗期群落和乳熟期群落各自更为集中而彼此有所分离，这说明稻型和水稻生育期对群落相似性的影响大于不同药剂处理的影响，其原因主要有两个方面：一是中稻乳熟期主要害虫发生较重，优势突出，孕穗期害虫发生较轻，所采取的药剂处理对主要害虫均有较好的控制效果，由于害虫种群数量是影响群落相似性的主要因素，虽然不同药剂处理对天敌群落的影响有一定差异，但主要害虫种群数量下降产生的群落趋同效果大于天敌数量变化产生的群落趋异效果；二是中稻孕穗期和乳熟期群落差异较大，不同药剂处理虽然使这种差异缩小，但并未完全消除其影响。

综上所述可以得出以下两个主要结论：（1）对稻田害虫和天敌群落的影响，总体上看防治措施>

稻型>水稻生育期; (2) 不同稻型和水稻生育期害虫和天敌群落自身的特点, 对不同防治措施对群落作用的效果有重要影响。

2.2 聚类分析

各群落实体的原始数据及标准化数据见表 2。

不同稻型、不同生育期及不同防治措施下的群

落是一个复杂的实体, 很难从表象进行观察, 为此特采取模糊聚类方法进行更全面的分析。在确定聚类分析的具体类群时, 应选用使组内差异较小、组间差异较大的水平作为分类依据。上述标准化的数据聚类分析如图 2。

表 2 节肢动物总群落的原始数据及标准化数据
Table 2 Original data and standard data of total arthropod communities

群落符号 Symbol	总个体数 Total number	原始数据 Original data					标准化数据 Standard data					
		物种数 No. of species	丰富度 Abundance	均匀度 Evenness	集中度 Concentration ratio	多样性 Diversity	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>J</i>	<i>C</i>	<i>H'</i>
C ₁	334	12	2.065	0.626	0.352	1.555	0.771	0.295	-0.017	-2.149	1.439	-0.685
C ₂	348	11	1.880	0.723	0.230	1.734	0.861	0.057	-0.301	-0.830	0.035	-0.183
C ₃	323	13	2.250	0.712	0.210	1.826	0.700	0.533	0.267	-0.980	-0.196	0.075
C ₄	12	4	1.610	0.709	0.486	0.983	-1.304	-1.607	-0.715	-1.021	2.981	-2.291
C ₅	41	7	1.885	0.753	0.309	1.466	-1.117	-0.894	-0.293	-0.422	0.944	-0.935
C ₆	91	10	2.217	0.788	0.201	1.814	-0.795	-0.180	0.216	0.054	-0.299	0.042
C ₇	38	5	1.375	0.813	0.342	1.308	-1.136	-1.369	-1.076	0.394	1.324	-1.378
C ₈	548	12	1.903	0.610	0.322	1.516	2.150	0.295	-0.266	-2.367	1.094	-0.795
C ₉	291	11	1.939	0.871	0.146	2.090	0.494	0.057	-0.210	1.183	-0.932	0.816
C ₁₀	731	10	1.516	0.681	0.323	1.567	3.329	-0.180	-0.859	-1.401	1.105	-0.652
C ₁₁	118	6	1.258	0.829	0.251	1.486	-0.621	-1.131	-1.255	0.612	0.276	-0.879
C ₁₂	140	7	1.417	0.726	0.295	1.413	-0.479	-0.894	-1.011	-0.789	0.783	-1.084
C ₁₃	88	5	1.117	0.895	0.256	1.441	-0.814	-1.369	-1.472	1.509	0.334	-1.005
C ₁₄	139	6	1.216	0.779	0.312	1.396	-0.485	-1.131	-1.320	-0.068	0.978	-1.131
C ₁₅	102	8	1.730	0.885	0.183	1.839	-0.724	-0.656	-0.531	1.373	-0.506	0.112
C ₁₆	195	9	1.707	0.827	0.211	1.817	-0.125	-0.418	-0.566	0.584	-0.184	0.050
C ₁₇	110	8	1.702	0.881	0.182	1.832	-0.672	-0.656	-0.574	1.319	-0.518	0.092
C ₁₈	156	8	1.584	0.792	0.258	1.648	-0.376	-0.656	-0.755	0.108	0.357	-0.424
C ₁₉	240	10	1.825	0.769	0.211	1.772	0.165	-0.180	-0.385	-0.204	-0.184	-0.076
C ₂₀	386	17	2.854	0.723	0.162	2.050	1.106	1.484	1.193	-0.830	-0.748	0.704
C ₂₁	352	21	3.581	0.810	0.117	2.466	0.887	2.435	2.309	0.353	-1.266	1.872
C ₂₂	136	11	2.239	0.819	0.166	1.963	-0.505	0.057	0.250	0.476	-0.702	0.460
C ₂₃	150	13	2.594	0.852	0.137	2.185	-0.415	0.533	0.794	0.924	-1.036	1.083
C ₂₄	174	14	2.714	0.814	0.157	2.147	-0.260	0.771	0.979	0.408	-0.806	0.976
C ₂₅	171	15	2.917	0.861	0.124	2.331	-0.279	1.008	1.290	1.047	-1.186	1.493
C ₂₆	180	14	2.696	0.759	0.180	2.003	-0.221	0.771	0.951	-0.340	-0.541	0.572
C ₂₇	234	19	3.483	0.798	0.139	2.351	0.127	1.959	2.158	0.190	-1.013	1.549
C ₂₈	193	11	2.090	0.783	0.190	1.878	-0.138	0.057	0.021	-0.014	-0.426	0.221
C ₂₉	195	15	2.845	0.849	0.131	2.298	-0.125	1.008	1.180	0.884	-1.105	1.400

当选用聚类距离 $D=0.96$ 时基本可以满足此条件, 此时将群落聚为 5 类, 即 C₁ 和 C₈ 为 1 类、C₄、C₁₀ 和 C₂₀ 各成 1 类, 其余归为 1 类。C₁ 和 C₈ 虽因各自所含天敌和害虫的优势度不同, 但节肢动物总群落的各指标间存在互补性, 表现出整体属性一定程度的趋同, 属于中等水平的不稳定群落类群, 其中 C₁ 群落向天敌数量下降而害虫数量上升的方向

发展, C₈ 群落朝害虫数量下降而天敌数量上升的趋势发展; C₄ 处于早稻孕穗期, 害虫数量较少而天敌丰富, 三唑磷药剂处理的高防效使其显著区别于其他群落, 也说明了三唑磷对天敌的杀伤力较强, 其群落为低水平的稳定状态; C₁₀ 和 C₂₀ 分别为中稻乳熟期对照区和晚稻孕穗期对照区的群落, C₁₀ 群落特征为主要害虫发生重、害虫优势度极高, 为高水平

的不稳定群落实体, C_{20} 为害虫类群和天敌类群均处于稳定状态, 其群落稳定性较高; 其它类群由于稻型、生育期及化防措施干扰, 导致群落总属性较为相似。

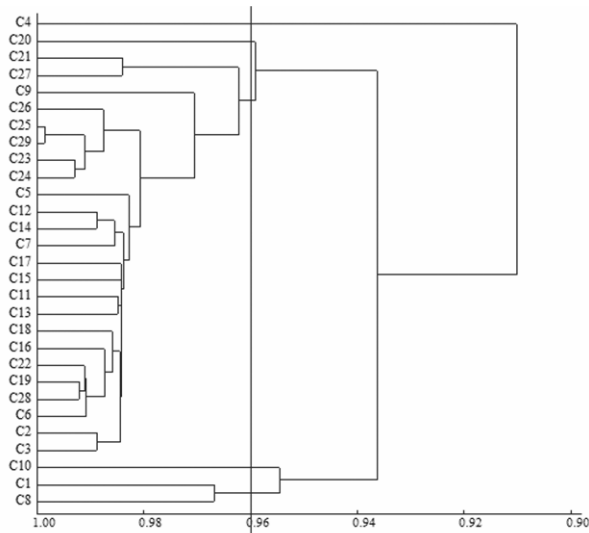


图 2 不同群落模糊聚类图

Figure 2 Fuzzy cluster of different arthropod communities

3 讨论

根据稻田害虫和天敌群落的特点选择防治措施, 在目标害虫严重发生、天敌不能有效控制的情况下 (C_{10}), 选择能够迅速降低目标害虫种群数量的措施, 可以迅速有效地调节和改善群落结构; 在害虫发生程度一般, 天敌群落较丰富的情况下, 选择能够适当降低害虫种群密度、对天敌较安全的措施, 对稻田害虫和天敌群落能够起到最理想的“调控”效果, 是实现水稻害虫可持续控制的重要途径。

本试验分别采用 2 种群落分析方法探讨稻型、生育期及防治措施对群落的影响, 极点排序法侧重于群落的共有物种, 旨在探讨群落组成相似性, 反映了群落物种构成质和量的综合相似性; 而模糊聚

类法综合考虑群落的多个属性, 从多样性与稳定性及其变化趋势进行判别, 主要反映群落结构和功能的相似性, 对指导实际防治具有重要价值。

参考文献:

- [1] 张文庆, 张古忍, 古德祥. 保护利用农田天敌的群落问题探讨[J]. 植物保护学报, 1996, 23(4): 363-368
- [2] Crowder D W, Northfield T D, Strand M R, et al. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control[J]. Nature, 2010, 466(7302): 109-113
- [3] Ruesink J, O'Connor E, Sparks G. Biodiversity & ecosystem functioning: exploring principles of ecology with agricultural plants[J]. The American Biology Teacher, 2006, 68(5): 285-292.
- [4] Pimentel D, Stachow U, Takacs D A, et al. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems[J]. Bioscience, 1992, 42(5): 354-362.
- [5] 李剑泉, 赵志模, 吴仕源, 等. 多物种共存系统中蜘蛛对稻虫的控制作用[J]. 中国农业科学, 2002, 35(2): 146-151.
- [6] 王洪全, 颜亨梅, 杨海明. 中国稻田蜘蛛生态利用研究[J]. 中国农业科学, 1996, 29(5): 68-75.
- [7] 杨国庆, 吴进才, 张士新, 等. 三种类型稻田节肢动物群落结构、亚群落内禀增长率与链节数的关系[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 686-692
- [8] 蔡万伦, 石尚柏, 杨长举, 等. 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2968-2975.
- [9] 尤民生, 刘雨芳, 侯有明. 农田生物多样性与害虫综合治理[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 117-122.
- [10] 庞雄飞, 尤民生. 昆虫群落生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 86-90.
- [11] 邹运鼎, 丁程成, 毕守东, 等. 李园节肢动物群落时间动态的聚类分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 631-636.
- [12] 江俊起, 缪勇, 陈树仁, 等. 江淮地区不同稻型及生育期害虫-天敌群落的相似性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2006, 33 (2): 209-212.
- [13] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学技术出版社, 2002: 311-313; 347-349; 592-600.